



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**NÁVRH OSTROVNÍ ELEKTRIZAČNÍ SÍTĚ PRO
LABORATOŘ UEEN**

DESIGN OF ISLAND ELECTRICITY NETWORK FOR UEEN LABORATORY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Stanislav Macejko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

BRNO 2020

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Stanislav Macejko

ID: 203284

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Návrh ostrovní elektrizační sítě pro laboratoř UEEN

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznámení s hybridním energetickým systémem na UEEN - energetický potenciál a možnosti využití
2. Návrh technického řešení DC nebo AC soustavy napájené z hybridního systému
3. Vytvoření projektové dokumentace navrženého řešení
4. Energetické ekonomické zhodnocení navrženého systému

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 10.6.2020

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citácia práce:

MACEJKO, Stanislav. *Návrh ostrovní elektrizační sítě pro laboratoř UEEN*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127261>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Petr Mastný.

„Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému Návrh ostrovní elektrizační sítě pro laboratoř UEEN som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, predovšetkým som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobných alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.“

V Brne dňa: 10. 06. 2020

.....

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Petrovi Mastnému, Ph.D. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce, môjmu otcovi Stanislavovi Macejkovi za odborné pripomienky pri písaní tejto práce, Ing. Miroslavovi Karpinskému za odborné pripomienky pri tvorbe projektovej dokumentácii a Mgr. Stanislave Hudranovej za pravopisnú úpravu bakalárskej práce. Ďalej by som chcel ešte poďakovať svojej rodine a priateľke za podporu v priebehu štúdia.

V Brne dňa: 10. 06. 2020

.....

ABSTRAKT

Cieľom tejto práce je zoznámenie sa s hybridným energetickým systémom na Ústave elektroenergetiky (UEEN), naštudovanie problematiky pre následné projektovanie a vytvorenie projektovej dokumentácie návrhu. Táto práca sa zaoberá možnosťami zapojenia fotovoltických systémov a popisom jednotlivých častí hybridného systému, ktorý sa nachádza na UEEN. Ďalej rieši základné poznatky pre návrh a projektovanie, na základe ktorých bola vytvorená projektová dokumentácia a návrh rozšírenia elektroinštalácie napájanej z hybridného systému. Práca obsahuje aj návrh elektroinštalácie, energetické a ekonomické zhodnotenie. Súčasťou práce je aj vytvorená projektová dokumentácia, ktorá obsahuje technickú správu, rozpočet, protokol o určení vonkajších vplyvov, záznam z merania, overovacie výpočty a výkresy navrhovanej elektroinštalácie.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: Ostrovná sieť; hybridný systém; elektroinštalácia; projektovanie; návrh elektroinštalácie; projektová dokumentácia; bezpečnosť

ABSTRACT

The aim of this thesis is acquaintance with hybrid energetic system at Department of electrical power engineering (UEEN), study issues for subsequent design and the creation of project documentation. This thesis deals with options of connecting photovoltaic systems and description of each part of the hybrid system, which is located at UEEN. It also solves the basic knowledge for design and planning, on the basis of which the project documentation and the design of the extension of the electrical installation powered by the hybrid system were created. The thesis also includes the design of electrical installations and energy and economic evaluation. Part of the thesis is also project documentation, which contains a technical report, budget, protocol for determination of external influences, measurement record, verification calculations, and drawings of the electrical installation.

KEY WORDS: Off-grid system; hybrid system; electro installation; design; electrical installation design; project documentation; safety

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV.....	8
ZOZNAM TABULIEK.....	9
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK.....	10
1. ÚVOD.....	12
2. SYSTÉMY ZAPOJENIA ZDROJOV	13
2.1 OFF-GRID (OSTROVNÉ) SYSTÉMY	13
2.2 ON-GRID SYSTÉMY.....	14
2.3 HYBRIDNÉ SYSTÉMY	14
3. HYBRIDNÝ SYSTÉM NA UEEN.....	15
3.1 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM.....	15
3.2 VETERNÁ TURBÍNA	15
3.3 AKUMULÁTORY	15
3.4 STRIEDAČ	16
4. ZÁKLADNÉ POZNATKY PRE NÁVRH A PROJEKTOVANIE	17
4.1 VONKAJŠIE VPLYVY.....	17
4.1.1 TRIEDENIE VONKAJŠÍCH VPLYVOV	17
4.2 OCHRANA PRED ÚRAZOM ELEKTRICKÝM PRÚDOM	17
4.2.1 ZÁKLADNÁ OCHRANA	18
4.2.1.1 Ochrana izoláciou živých častí.....	18
4.2.1.2 Ochrana „prepážkami“ alebo krytmi	18
4.2.1.3 Ochrana zábranou.....	18
4.2.1.4 Ochrana polohou	18
4.2.1.5 Ochrana malým napätím.....	18
4.2.2 OCHRANA PRI PORUCHE	18
4.2.2.1 Ochranné uzemnenie a ochranné pospájanie.....	19
4.2.2.2 Prídavná izolácia	19
4.2.2.3 Ochrana samočinným odpojením od zdroja	19
4.2.3 DOPLNKOVÁ OCHRANA	19
4.3 OCHRANA PROTI NADPRÚDOM	19
4.3.1 OCHRANA PRED PRÚDOVÝM PREŤAŽENÍM	20
4.3.2 OCHRANA PRED SKRATOVÝMI PRÚDMI.....	20
4.4 ELEKTRICKÉ ROZVODY	21
4.4.1 VEDENIE	21
4.4.1.1 Spôsoby uloženia vedení	21
4.4.1.2 Dimenzovanie vodičov.....	22
4.4.2 SVETELNÉ OBVODY	23
4.4.3 ZÁSUVKOVÉ OBVODY	24
4.4.4 KÁBLE A VODIČE	24
4.5 ELEKTRICKÉ PRÍSTROJE	26
4.5.1 NADPRÚDOVÉ PRÍSTROJE	27

4.5.1.1	Poistky	27
4.5.1.2	Ističe	28
4.5.2	PRÚDOVÉ CHRÁNIČE.....	29
4.5.3	PREPÁŤOVÉ OCHRANY.....	30
4.5.4	OSTATNÉ.....	31
5.	NÁVRH ELEKTRICKEJ SIETE	32
5.1	NÁVRH KÁBLOVÝCH VEDENÍ	34
5.2	ISTENIA OBVODOV A ICH OCHRANA	35
6.	ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE	36
7.	ZÁVER.....	38
	POUŽITÁ LITERATÚRA.....	39
	ZOZNAM PRÍLOH	41

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 2-1 Schéma off-grid systému [2]</i>	13
<i>Obr. 2-2 Schéma hybridného systému [3]</i>	14
<i>Obr. 4-1 Vypínacia charakteristika poistky</i>	27
<i>Obr. 4-2 Vypínacie charakteristiky ističov typu B, C, D [17]</i>	29
<i>Obr. 5-1 Základná schéma</i>	33
<i>Obr. A-1 Schéma zapojenia hybridného systému [4]</i>	42

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 4-1 Referenčné spôsoby uloženia vedenia [10]</i>	22
<i>Tab. 4-2 Staré označenie káblov [10]</i>	26
<i>Tab. 4-3 Označenie káblov podľa harmonizovaného dokumentu z ČSN 34 7409</i>	26
<i>Tab. 4-4 Typy prepäťových ochrán [20]</i>	31
<i>Tab. 5-1 Energetická náročnosť</i>	33
<i>Tab. 5-2 Dovoľené prúdy vodičmi</i>	34
<i>Tab. 5-3 Istenie obvodov</i>	35
<i>Tab. 5-4 Navrhnuté prúdové chrániče</i>	35

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratky:

UEEN	Ústav elektroenergetiky
AC	striedavý prúd
DC	jednosmerný prúd
CYKY	medený kábel s PVC izoláciou
PVC	polyvinylchlorid
XPE	zosietený polyetylén
FU	poistka
FA	istič
FI	prúdový chránič
FV	prepäťová ochrana
EL1	svetelný obvod
XS1	zásuvkový obvod 1
XS2	zásuvkový obvod 2
RLOS	rozdávzač laboratória ostrovného systému
RL	rozdávzač laboratória

Symboly:

U_{mpp}	napätia pri maximálnom výkone	(V)
I_{mpp}	prúd pri maximálnom výkone	(A)
$P_{i,solar}$	inštalovaný výkon solárnych panelov	(Wp)
P_n	nominálny výkon	(kW)
P	výkon	(W)
U	napätie	(V)
Q	elektrický náboj, kapacita akumulátoru	(Ah)
E	elektrická energia	(Wh)
S	zdanlivý výkon	(VA)
I_B	prúd zaťažujúci vedenie	(A)
I_z	dovolené prúdové zaťaženie	(A)
I_n	menovitý prúd istiaceho prvku	(A)
I_2	prúd zaisťujúci účinné zapôsobenie prístroja	(A)
t	čas	(s)

S	prierez vodiča	(mm ²)
I	efektívna hodnota skratového prúdu	(A)
k	súčiniteľ rešpektujúci rezistivitu, teplotný koeficient a teplotnú kapacitu materiálu vodiča	(-)
P_i	inštalovaný príkon	(W)
B	súdobosť	(-)
P_S	súdobý príkon	(W)
P_{SC}	celkový súdobý príkon	(W)
S_{SC}	celkový súdobý zdanlivý príkon	(VA)
k	prepočítavací súčiniteľ	(-)
I_n	menovitý prúd	(A)
I_{Δ}	menovitý reziduálny prúd	(A)
PB	doba návratnosti (Payback Period)	(rok)
K	kapitálový výdaj	(Kč)
C_E	cena za kWh elektrickej energie	(Kč/kWh)
$E_{t,sem}$	predpokladaná spotreba elektrickej energie počas semestra	(kWh/týždeň)
E_t	predpokladaná spotreba elektrickej energie mimo semestra	(kWh/týždeň)
t_{sem}	počet týždňov semestra	(týždeň)
t	počet týždňov mimo semestra	(týždeň)

1. ÚVOD

V súčasnosti je moderné ľudstvo značne závislé od elektrickej energie. Len v bežnej domácnosti ju využívame na osvetľovanie, vykurovanie a chladenie, napájanie spotrebičov, ktoré nám uľahčujú život a ďalších aplikácií. Veľká časť týchto spotrebičov je konštruovaná na pripojenie do striedavých sietí, keďže tieto siete sú najviac používané cez celú škálu výroby, prenosu, distribúcie a spotreby. Z toho dôvodu bude navrhovaná striedavá ostrovná sieť.

Vzhľadom na to, že človek nechce byť závislý od iných ľudí a subjektov, kvôli pocitu väčšej bezpečnosti a pohodlnosti sa v elektroenergetickom priemysle v poslednom období rozšíril trend inštalácie obnoviteľných zdrojov elektrickej energie do domácností a firiem, hlavne fotovoltaiických zariadení.

Obstaranie týchto systémov bolo zo začiatku presadzované aj štátmi formou dotácií a vytvorením výhodných podmienok pre zadováženie. V súčasnosti už tieto systémy nie sú takto podporované, ale kvôli poklesu ich cien nám stále môžu poskytnúť výhody hlavne v oblasti spoľahlivosti a nezávislosti od distribučných sietí. Príkladom sú vytvorené ostrovné a hybridné siete.

A presne takáto ostrovná sieť je navrhovaná v tejto bakalárskej práci. Hlavným cieľom je vytvorenie projektovej dokumentácie na rozšírenie elektroinštalácie napájanej z hybridného systému nachádzajúceho sa na Ústave elektroenergetiky.

V práci sú podrobnejšie rozobrané možnosti zapojenia fotovoltaiických zdrojov, popis existujúceho hybridného systému nachádzajúceho sa na ústave, z ktorého bude navrhovaná elektroinštalácia napájaná. Ďalej v práci sú uvedené základné poznatky na návrh a projektovanie, na základe ktorých bola vytvorená projektová dokumentácia a návrh. Nasleduje konkrétny návrh elektroinštalácie a energetické a ekonomické zhodnotenie. Súčasťou práce je aj projektová dokumentácia, ktorá rieši spomínané rozšírenie elektroinštalácie.

2. SYSTÉMY ZAPOJENIA ZDROJOV

S obnoviteľnými zdrojmi elektrickej energie sa v dnešnej dobe stretneme skoro všade. Najčastejšie sa stretávame s fotovoltaickými systémami. Zapojenia týchto systémov sa líšia a môžeme ich zatriediť do troch kategórií:

- off-grid systémy,
- on-grid systémy,
- hybridné systémy.

Tieto druhy systémov si bližšie opíšeme v nasledujúcich podkapitolách.

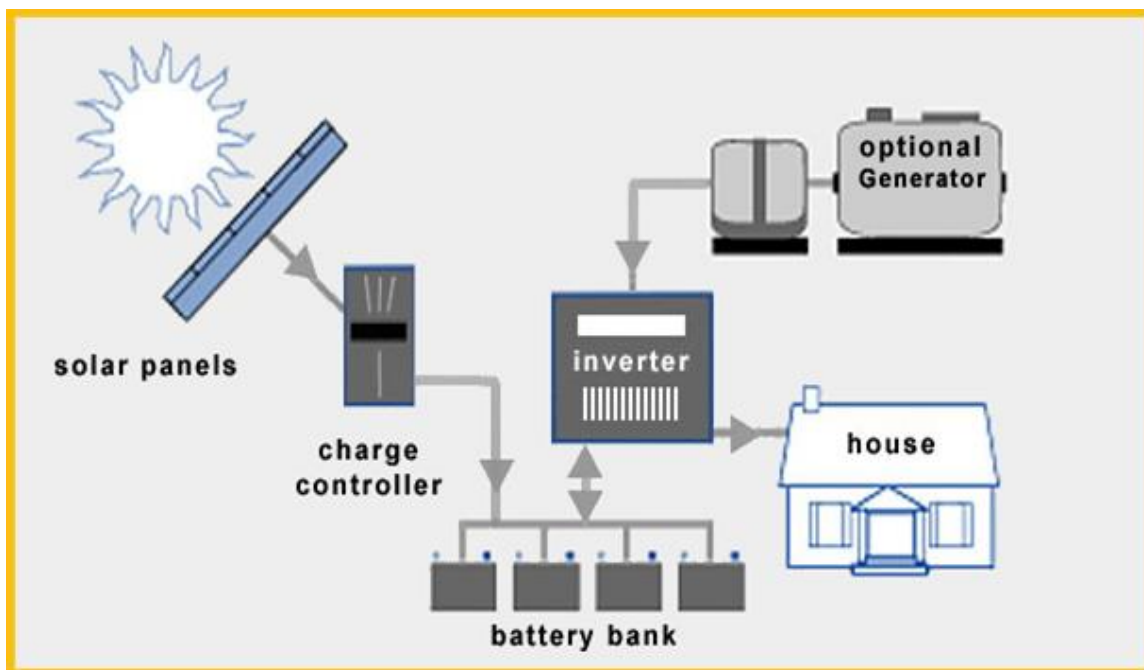
Taktiež sa využívajú aj veterné turbíny. Elektrická energia je vyrábaná pomocou generátora. V malých veterných elektrárnach do 10 kW sa využíva viacpólový synchronný generátor s permanentnými magnetmi. Kvôli akumulácii energie v batériách obsahujú usmerňovač, ktorý striedavý prúd usmerní na jednosmerný. Pre napájanie jednofázových spotrebičov sa dopĺňajú striedače. [1]

2.1 Off-grid (ostrovné) systémy

Tieto systémy nie sú pripojené do distribučnej sústavy. Uplatňujú sa hlavne tam, kde sa táto sústava nenachádza. Príkladom sú chaty, karavany, ďalej napájania telekomunikačných zariadení, dopravných, signalizačných, ale aj napájanie záhradného osvetlenia. [1]

Základnými prvkami sú solárne panely, regulátor nabíjania akumulátorov, akumulátory a striedač, v prípade napájania zariadení na striedavý prúd.

V niektorých prípadoch môžu tieto systémy obsahovať aj záložný generátor, ktorý bude zabezpečovať napájanie spotreby a nabíjanie akumulátorov. Záložný zdroj sa využíva v aplikáciách, kde by výpadok napájania vplyvom nepriaznivých poveternostných podmienok mohol obmedziť správne fungovanie zariadení alebo pohodlnosť užívateľa. Na Obr. 2-1 je znázornená bloková schéma off-grid systému so záložným generátorom.



Obr. 2-1 Schéma off-grid systému [2]

2.2 On-grid systémy

Sú to systémy, ktoré sú pripojené do distribučnej sústavy. Výhodou je, že všetka vyrobená energia je určená na spotrebu, pretože sa dodáva do sústavy a nie je nutné znížiť výrobu, ako pri off-grid systémoch, ak je jej prebytok. Základnými prvkami sú solárne panely, ktorých množstvo môže byť väčšie z vyššie spomínanej výhody, striedač a elektromer. Tento systém musí byť schopný zabezpečiť odstavenie výroby v prípade, ak dôjde k vypnutiu danej časti distribučnej sústavy.

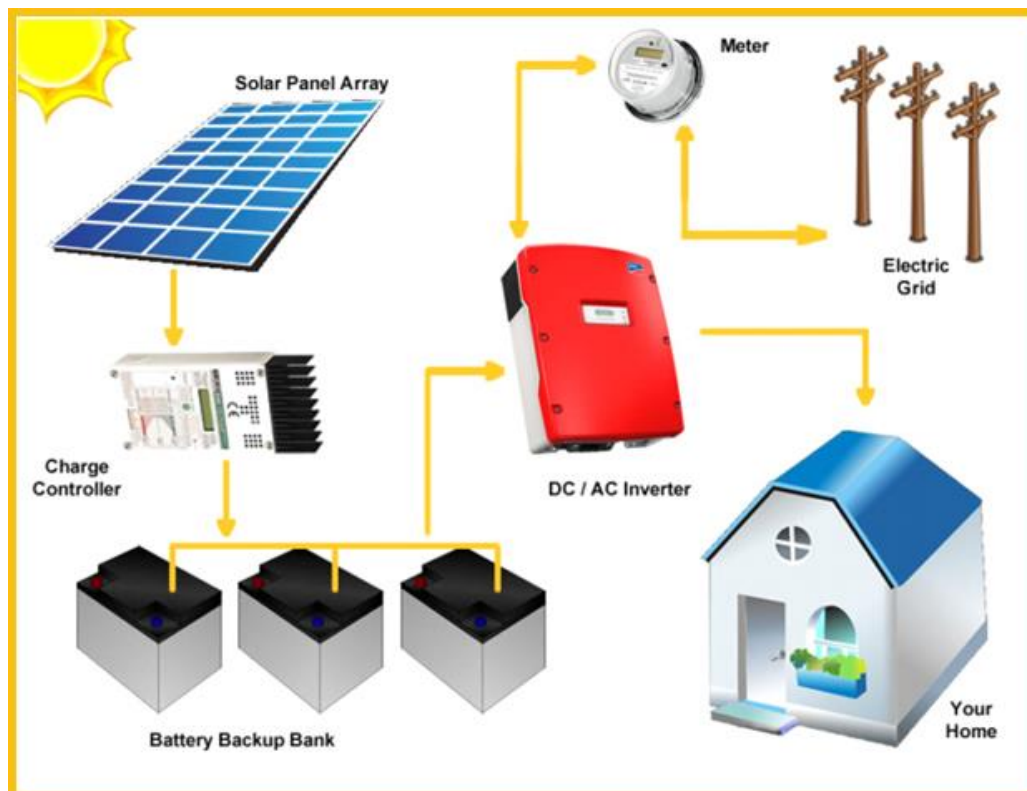
Touto formou je riešená väčšina domácností a podnikov, ktoré disponujú fotovoltaiickými systémami. Existujú dva základné zapojenia týchto systémov do siete. V Českej republike sú zapojenia označované ako „Zelený bonus“ a „Výkupní tarif“.

Zelený bonus je zapojenie, pri ktorom je vyrobená elektrická energia primárne určená na vlastnú spotrebu a prebytky sú dodávané do siete. Pri výkupnej tarife je všetka vyrobená elektrická energia dodávaná do siete.

2.3 Hybridné systémy

Tento systém kombinuje výhody on-grid a off-grid systému. To umožňuje energiu, ktorá prevyšuje spotrebu, uložiť v akumulátoroch a využiť ju, keď to bude potrebné. V prípade plného nabitia akumulátorov dodať energiu do distribučnej sústavy. Avšak iba za podmienok, že je takýto systém zapojený do distribučnej sústavy aj pre možnosť dodávky čo nemusí byť samozrejmosťou. V prípade, že fotovoltaiický systém spolu s akumulátormi nie je schopný pokryť spotrebu, je možné elektrickú energiu odoberať od distribútora. Ak dôjde k vypnutiu časti distribučnej sústavy do ktorej je objekt pripojený, môže systém fungovať aj v ostrovnom režime.

Základné prvky sú: solárne panely, regulátor nabíjania akumulátorov, akumulátory, striedač a štvorkvadrantový elektromer. Na Obr. 2-2 je bloková schéma hybridného systému.



Obr. 2-2 Schéma hybridného systému [3]

3. HYBRIDNÝ SYSTÉM NA UEEN

Ústav elektroenergetiky disponuje hybridným jednofázovým systémom s priamym dobíjaním batérii pomocou DC/DC meničov, ktorého schéma je uvedená v Prílohe A na Obr. A-1. [4]

Na streche fakulty sa nachádzajú dva zdroje. Jedným je fotovoltaiický systém a druhým je veterná turbína. Výkon z týchto zdrojov je vyvedený do laboratória, kde je pomocou DC/DC meničov pripojený na systémovú 48 V DC zbernicu. Vzhľadom k tomu, že výstup z veternej turbíny je striedavý trojfázový, tak pred jeho meničom sa nachádza trojfázový šesťpulzný diódový usmerňovač. Na túto zbernicu sú paralelne pripojené dvojice akumulátorové sady. Systém ďalej obsahuje dva paralelne zapojené jednofázové striedače. Menič je pomocou vstupných AC svoriek pripojený do distribučnej sústavy, čo umožňuje v prípade nepriaznivých podmienok dobíjať akumulátory. Na výstupné svorky bude pripojená navrhnutá ostrovná sieť. [4]

Nasledujúce podkapitoly budú podrobnejšie venované zdrojom a prvkom tohto systému.

3.1 Fotovoltaiický systém

Fotovoltaiický systém sa skladá z deviatich panelov, ktoré sú zapojené do troch stringov. Zapojené tri panely sú Tigo SMART IBC Monosol 270W s výkonom 270 Wp s napätím pri plnom výkone $U_{mpp} = 31,77$ V a prúde pri plnom výkone $I_{mpp} = 8,5$ A, zvyšných šesť panelov je Conergy PowerPlus 250M s výkonom 250 Wp s $U_{mpp} = 31,06$ V a prúde $I_{mpp} = 8,14$ A. Celkový inštalovaný výkon tohto systému je súčtom výkonov jednotlivých panelov je $P_{i,solar} = 2\,310$ Wp. [4]

Panely sú zapojené do rozvádzača FV pole a sú chránené poistkovými odpojovačmi. Tento rozvádzač je vyzbrojený zvodičmi prepätia. Vývod rozvádzača je zapojený na menič umiestnený v laboratóriu. [4]

3.2 Veterná turbína

Ďalší zdroj je veterná turbína Whisper 200 s nominálnym výkonom $P_n = 1$ kW, ktorý dosahuje pri rýchlosti vetra 11,6 m/s. Približne pri rýchlosti 5,4 m/s je jej výkon $P = 200$ W. Turbína je zapojená do rozvádzača VE, z ktorého je vývod vyvedený do laboratória na diódový usmerňovač. [4]

3.3 Akumulátory

Systém disponuje dvomi paralelne zapojenými sadami akumulátorov. Každá sada sa skladá zo štyroch sériovo zapojených gélových batérii fgFORTE FG12-200DG o napätí $U = 12$ V a kapacite $Q = 200$ Ah. Tieto batérie sú určené pre hlboké vybíjanie, a preto sú vhodné pre daný systém. Celý akumulátorový systém poskytuje kapacitu $Q = 400$ Ah pri napätí $U = 48$ V DC, čo umožňuje poskytnúť energiu s veľkosťou $E = 19,2$ kWh. [4]

Stav nabitia akumulátorov zabezpečuje monitorovací systém, ktorý poskytuje tieto informácie riadiacemu systému.

3.4 Striedač

Systém obsahuje dva paralelne zapojené meniče Studer Innotex XTM 2600-48, ktoré pracujú v rozdielnych režimoch. Jeden pracuje v režime Master a druhý v režime Slave. Striedač v režime Master je riadiaci a v režime Slave ako riadený. Striedače medzi sebou komunikujú a v prípade nízkeho odoberaného výkonu je striedač v režime Slave prepnutý do úsporného režimu, čo umožňuje znížiť vlastnú spotrebu. [5] Tieto striedače sú pomocou zbernice Studer-CAN zapojené k riadiacemu systému a môžu s ním komunikovať. [4]

Striedač je na strane DC pripojený na 48 V zbernicu a na strane AC je pripojený k distribučnej sústave a do vnútornej siete, ktorú napája. Vzhľadom na to, že sú použité dva meniče, tak sú schopné poskytnúť trvalý príkon $S = 4 \text{ kVA}$ a počas tridsiatich minút sú schopné poskytnúť príkon $S = 5,2 \text{ kVA}$ pri napätí 230 V. Tieto hodnoty príkonov sú dôležité pre návrh ostrovnej siete. Striedač dosahuje maximálnu efektivitu až 96 %. [4]

4. ZÁKLADNÉ POZNATKY PRE NÁVRH A PROJEKTOVANIE

Projektovanie je činnosť, ktorej cieľom je vytvoriť projekt, na základe ktorého je následne návrh projektanta realizovaný. Projektant pri projektovaní by sa mal riadiť predstavami investora a musí dodržiavať náležitosti, ktoré mu kladú zákony, normy, vyhlášky a iné predpisy.

Predstava návrhu je využitie elektrickej energie z hybridného systému, ktorý bude napájať ostrovnú sieť v laboratóriu na ústave UEEN. V danom laboratóriu sa nachádza už jestvujúca elektroinštalácia, ktorá bude rozšírená o ostrovnú sieť napájanú zo striedačov. Návrh bude vychádzať zo základných údajov o príkonoch uvedených v kapitole 3.4, ktoré sú striedače schopné poskytnúť.

V nasledujúcich podkapitolách sú rozanalyzované skutočnosti, ktoré bude potrebné aplikovať pri návrhu siete.

4.1 Vonkajšie vplyvy

Jednou z požiadaviek, ktorej musí navrhované zariadenie vyhovovať je odolnosť voči vonkajším vplyvom. Vonkajšie vplyvy bližšie opisuje norma ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy. Aby zariadenie splňalo podmienky bezpečnosti, spoľahlivosti pri prevádzke a správnej funkcii je nutné, aby bolo navrhnuté podľa požiadaviek, ktoré sú uvedené v spomínanej norme. Určenie vonkajších vplyvov musí byť pre všetky priestory, v ktorých sa nachádza alebo používa elektrické zariadenie a má byť jednoznačne a úplne. [6]

Z tejto normy vyplýva, aby komisia, ktorá určuje vonkajšie vplyvy bola zložená z kvalifikovaných pracovníkov (zástupca prevádzky, zodpovedný projektant, technolog a ďalší).

4.1.1 Triedenie vonkajších vplyvov

Označenie vonkajších vplyvov podľa normy je dané dvoma písmenami a číslicou. Prvé písmeno definuje kategóriu vonkajšieho vplyvu (A, B, C), kde:

- A – prostredie (teplota okolia, teplota a vlhkosť, nadmorská výška, voda a ďalšie),
- B – využitie (spôsobilosť osôb, odpor osôb, dotyk so zemou, únik a iné),
- C – druh stavby (súhrn vlastností stavby). [6]

Druhé písmeno definuje povahu vonkajšieho vplyvu a číslica definuje konkrétnu triedu povahy. Príkladom môže byť označenie AA5, ktoré udáva, že ide o prostredie s teplotou okolia 5 °C až 40 °C.

4.2 Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom

Cieľom je obmedzenie vzniku úrazu spôsobeného elektrickým prúdom. Nebezpečné živé časti nesmú byť prístupné a vodivé neživé časti nesmú byť nebezpečné ani za normálnych podmienok, ani v prípade poruchy. Ochrany sa delia na základnú ochranu, ochranu pri poruche a doplnkovú ochranu. [7]

4.2.1 Základná ochrana

Úlohou je zabránenie nebezpečného dotyku so živou časťou v bezporuchovom stave. Základná ochrana sa delí na:

4.2.1.1 Ochrana izoláciou živých častí

Ide o pokrytielivej časti izoláciou, ktorá môže byť odstránená iba jej zničením. Izolácia musí odolať mechanickému, chemickému a tepelnému prevádzkovému namáhaniu. Druhy izolácií sú:

- Základná izolácia – je prvkom základnej ochrany, musí byť zvolená tak, aby plnila svoju funkciu aj pri prepätiach.
- Prídavná izolácia – slúži k ochrane pred úrazom elektrickým prúdom
- Zosilnená izolácia – plní úlohu základnej a prídavnej izolácie. [8]

4.2.1.2 Ochrana „prepážkami“ alebo krytmi

Úlohou je zabránenie kontaktu so živou časťou pomocou krytov a „prepážok“, ktorá sa nachádza v ich vnútri. Odolnosť krytu sa udáva pomocou stupňa krytia IP. Jedná sa o dvojčíselný kód, kde prvá číslica udáva odolnosť pred nebezpečným dotykom a pred vniknutím cudzích telies, a druhá číslica udáva stupeň krytia pred vodou. Minimálne krytie má byť IP 2X a u vodorovných horných plôch IP 4X. [8]

4.2.1.3 Ochrana zábranou

Cieľom ochrany zábranou je zabránenie neúmyselnému dotyku so živou časťou použitím zábran. Zábrana môže byť tyč, povraz, rebrík, zábradlie a iné. Použitie je možné iba v mieste s prístupnom osôb znalých, poučených alebo osobám pracujúcim pod ich dozorom. [9]

4.2.1.4 Ochrana polohou

Princípom ochrany polohou je umiestnenie živých častí mimo dosah. Použitie tejto ochrany je rovnaké ako pri ochrane zábranou. [9]

4.2.1.5 Ochrana malým napätím

Ochrana malým napätím môže byť uskutočnená pomocou dvoch systémov SELV a PELV. Dôležité je aby napätie nepresiahlo hodnotu 50 V pre striedavé napätie a hodnotu 120 V pre jednosmerné napätie. Nutné je, aby tieto systémy boli oddelené od iných obvodov. Systém SELV oproti PELV nesmie byť uzemnený. [7]

4.2.2 Ochrana pri poruche

Princípom je ochrana pred dotykom neživých častí pri jednej poruche. Vplyvom poruchy sa môžu na týchto častiach objaviť nebezpečné napätia. [9] Pod túto ochranu patria:

4.2.2.1 Ochranné uzemnenie a ochranné pospájanie

Pri ochrannom uzemnení musia byť neživé časti spojené s ochranným vodičom. Ak sú neživé časti súčasne prístupné dotyku musia byť spojené s tou istou uzemňovacou sústavou. Ochranné pospájanie sa musí vykonať v každej budove, do ktorej vstupujú kovové časti, ktoré by mohli vytvoriť nebezpečný rozdiel potenciálov a nie sú súčasťou elektrickej inštalácie. Pospájanie sa pripája na hlavnú uzemňovaciu svorku. Pri častiach privedených zvonku do budovy musí byť pospájanie čo najbližšie k jeho vstupu. [7]

Cieľom je spraviť také uzemnenie a pospájanie aby sa zaistila čo najnižšia impedancia poruchovej slučky čím sa zaistí spoľahlivejšie a včasné vypnutie časti s poruchou. [9]

4.2.2.2 Prídavná izolácia

Tato izolácia je nezávislá na základnej a musí zvládať rovnaké namáhania ako je základná. Kombináciou základnej a prídavnej izolácia vzniká dvojité izolácia. Ku dvojitej izolácii je rovnocenná zosilnená izolácia. [9]

4.2.2.3 Ochrana samočinným odpojením od zdroja

Úlohou je zabránenie úrazu elektrickým prúdom v prípade poruchy odpojením zdroja v požadovanom čase. Na správnej funkcii sa podieľa správne vykonané uzemnenie a pospájanie. [9]

Norma ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 definuje pre sústavu TN so sieťovým napätím 230/400 V maximálny čas odpojenia 0,4 s. V tomto čase musia byť odpojené koncové obvody s menovitým prúdom neprekračujúcim 63 A s jednou alebo viacerými zásuvkami a 32 A, ak napájajú iba pevne pripojené spotrebiče. V inom prípade 5 s. [7]

Pre zabezpečenie odpojenia od zdroja môžu byť použité nadprúdové prístroje alebo prúdový chránič. Použitie prúdového chrániča je možné iba v sústavách TN-S. Princíp funkcie týchto prístrojov je popísaný samostatne.

4.2.3 Doplnková ochrana

Doplnková ochrana sa môže za určitých podmienok vyžadovať ako súčasť obvyklých ochranných opatrení. Rozoznávame ochranu prúdovým chráničom a doplnkové ochranné pospájanie. V striedavých sieťach sa za doplnkovú ochranu pred zásahom elektrickým prúdom používa prúdový chránič s vybavovacím reziduálnym prúdom do 30 mA vrátane. [7]

Prúdový chránič s reziduálnym prúdom do 30 mA ako doplnková ochrana musí byť použitý pre zásuvky s menovitým prúdom do 32 A, ktoré sú používané laikmi a sú určené pre všeobecné použitie. Taktiež sa musia používať pre mobilné zariadenia určené pre vonkajšie použitie s menovitým prúdom do 32 A. [7]

4.3 Ochrana proti nadprúdom

Nadprúdom sa rozumie zvýšenie prevádzkového prúdu nad požadovanú hodnotu. Rozlišujeme dva druhy nadprúdov. Preťaženia a skraty. Ochrana sa vykonáva pomocou istiacich prvkov. Dôvod prečo je nutné chrániť vedenia proti nadprúdom je obmedzenie

nebezpečných stavov. Nebezpečnými stavmi sú zvýšenie teploty vodiča nad dovolenú teplotu a dynamické účinky skratového prúdu.

Pri výbere istiaceho prvku musia byť splnené 4 hlavné zásady:

- pri nadprúdoch spôsobených preťažením nesmie jadro isteného vedenia prekročiť dovolenú teplotu,
- pre priestory, kde je stanovená najvyššia dovolená teplota povrchu nesmie povrch vedenia prekročiť túto teplotu pri preťažení a pri skrate, ak to je uvedené v príslušnej norme,
- pri normálnej prevádzke nesmie dôjsť k vybaveniu istiaceho prvku,
- pri poruche musí istiaci prvok odpojiť tú časť, na ktorej je porucha. [10]

Ochranu pred preťažením a skratom je možné zaistiť jedným ochranným prvkom alebo dvoma samostatnými prvkami. Pri ochrane samostatnými prvkami musí byť charakteristika koordinovaná. [11]

Ako ochranné prvky sa používajú nadprúdové prístroje poistky, ističe.

4.3.1 Ochrana pred prúdovým preťažením

Účelom je obmedzenie preťaženia, ktoré by mohlo spôsobiť oteplenie izolácie, spojov, koncoviek alebo okolia nad dovolenú hodnotu. [10]

Pracovná charakteristika istiaceho prvku musí podľa normy ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 vyhovovať týmto podmienkam:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (4.1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (4.2)$$

kde I_B je prúdové zaťaženie vedenia, I_z je dovolené prúdové zaťaženie, I_n je menovitý prúd istiaceho prvku, I_2 je prúd zaistujúci účinné zapôsobenie ochranného prístroja v požadovanej dobe. Tento prúd stanovuje výrobca alebo je uvedený vo výrobkovej norme. [11]

Prístroje zaistujúce ochranu proti preťaženiu musia byť umiestnené v mieste, kde dochádza k zníženiu hodnoty dovoleného prúdu vodičom. Teda v miestach zmeny prierezu, druhu, spôsobu uloženie alebo zloženie vedenia. Existujú výnimky, ktoré sú uvedené v príslušnej norme, kedy nie je nutné túto podmienku dodržiavať. [11]

4.3.2 Ochrana pred skratovými prúdmi

Skrat je porucha, ktorá môže byť spôsobená náhodne alebo úmyselne. Pri skrate dôjde k vodivému spojeniu medzi dvoma alebo viacerými časťami s rozličným potenciálom výsledkom čoho je, že rozdiel medzi časťami je rovný alebo blízky nule. Úlohou ochrany je zaistenie, aby nebola prekročená maximálna dovolená teplota pri skrate. [12]

Pre káble a izolované vodiče musí byť skratový prúd prerušený do takej doby, aby nedošlo k prekročeniu maximálnej dovolenej teploty. Podmienkou správneho istenia je, aby bola energia prepustená istiacim prvkom I^2t menšia alebo rovná energii, ktorú je vodič schopný

zniest' $k^2 S^2$. Pre dobu trvania skratu do 5 s sa čas, pri ktorom sa teplota z maximálnej dovolenej prevádzkovej dostane na maximálnu teplotu pri skrate určí:

$$t = \left(\frac{k \cdot S}{I} \right)^2 \quad (4.3)$$

kde t je doba trvania skratu (s), S je prierez vodiča (mm^2), I efektívna hodnota účinného skratového prúdu (A), k je súčiniteľ rešpektujúci rezistivitu, teplotný koeficient a teplotnú kapacitu materiálu vodiča. [11]

4.4 Elektrické rozvody

Elektrické rozvody sú základnou časťou elektroinštalácie. Vnútorými elektrickými rozvodmi sa zaoberá norma ČSN 33 2130 ed. 3. Táto norma definuje základné požiadavky na elektrické rozvody, ktoré musia podľa druhu prevádzky spĺňať. Môžeme ich zhrnúť do týchto bodov:

- bezpečnosť osôb, zvierat a majetku za normálneho stavu i poruchového stavu,
- prevádzkovú spoľahlivosť,
- prehľadnosť rozvodov,
- ľahkú prispôsobiteľnosť rozvodov,
- hospodárnosť rozvodov a hospodárne využívanie typizovaných prvkov,
- vzhľad,
- zamedzenie nepriaznivých vplyvov a rušivých napätí na komunikačné vedenie,
- používanie elektromagneticky kompatibilných zariadení. [13]

4.4.1 Vedenie

Základné požiadavky na vedenia definujú normy. Podstatné je, aby vedenia boli čo najkratšie a vyhotovené prehľadne s minimálnym križením. Ak je to možné, tak vedenie by malo byť uložené len vodorovne a zvislo. Pri návrhu vedenia treba dbať na to, aby neboli vystavené poškodeniu a neprekážali v priestore. Výber vedenia a voľba uloženia má byť uskutočnená s dôrazom na bezpečnosť osôb, zvierat a majetku, aby nemohlo dôjsť k úrazu či poškodeniu. Vedenia musia byť inštalované v súlade s pôsobením vonkajších vplyvov. [14]

Norma ČSN 33 2130 uvádza, že vedenia sa ukladajú ako skryté a iba v nebytových priestoroch a dodatočnej montáži je možné vedenie ukladať na povrch. Ak je vedenie v bytovej a občianskej výstavbe uložené v elektroinštaláčnych kanáloch, tak sa môže považovať za skryté uloženie. [13]

4.4.1.1 Spôsoby uloženia vedení

Existuje sedem referenčných spôsobov uloženia vedení, ktoré popisuje norma. V Tab. 4-1 sú uvedené spôsoby a príklady uložení vedení.

Tab. 4-1 Referenčné spôsoby uloženia vedenia [10]

Označenie	Popis	Príklad uloženia
A1	Izolované vodiče v trubke v tepelnej izolačnej stene.	V stene, v stene v trubke, v rámoch okien a dverí, v tvárniciach.
A2	Viacžilové káble v trubke v tepelnej izolačnej stene.	
B1	Izolované vodiče v trubke na drevenej stene	V trubke na drevenej stene, v elektroinštalačnom kanále vodorovne, v trubke/kanáli v stene, v trubke/kanáli v stavebnej dutine, v trubke/kanáli na stene.
B2	Viacžilové káble v trubke na drevenej stene	
C	Jednožilové alebo viacžilové káble na drevenej stene	Na drevenej stene, pod dreveným stropom, na neperforovanej lávke, v stene/betóne, v stene/betóne s ochranou kábla.
D	Viacžilové káble v trubkách v zemi	V trubkách/kanáloch v zemi.
E	Jednožilové alebo viacžilové káble na voľnom vzduchu.	Na perforovanej lávke, konzole, drôtenom pletive, káblovom rebríku, zavesené.

Pre referenčné uloženie A1 a A2 sa upevnenie trúbky uskutočňuje v blízkosti vnútornej povrchovej vrstvy, pričom vodivosť vnútorného povrchu steny nie je menšia než $10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Pri referenčnom uložení B1, B2 je trúbka upevnená k stene tak, že vzdialenosť medzi nimi je menšia než 0,3 násobku priemeru trúbky. Pre spôsob C je vzdialenosť medzi káblom a stenou menšia než 0,3 násobku priemeru kábla. Pri referenčnom spôsobe D sú trúbky v priamom kontakte s pôdou. Pri spôsobe E je uloženie také, aby nebránilo odvodu tepla. [10]

Káblové vedenia je možné ukladať na rôzne povrchy a materiály. Napríklad na rovný podklad, pod omietku, na káblové lávky, do káblových kanálov, do zeme, do vody. [14] Uloženia vedení je možné rozdeliť na zapustené a povrchové. Zapustené vedenia majú vyššiu mechanickú odolnosť oproti povrchovým a pôsobia estetickjšie. Pri týchto vedeniach je náročnejšia výmena alebo rozšírenie, čo je ich značná nevýhoda.

4.4.1.2 Dimenzovanie vodičov

Dimenzovanie vodičov sa určuje podľa rôznych kritérií. Dimenzujú sa podľa:

- dovolenej prevádzkovej teploty,
- hospodárnosti,
- mechanickej pevnosti,

- podľa dovoleného úbytku napätia,
- účinkom skratových prúdov. [10]

Pri dimenzovaní na základe dovolenej prevádzkovej teploty sa vychádza z predpokladu, že pri normálnom prevádzkovom zaťažení nesmie nastať stav, aby prevádzková teplota vodiča presiahla stanovenú hodnotu. Teplota vodiča závisí na jeho zaťažení, a preto je nutné určiť maximálne prípustné zaťaženie, ktoré závisí od:

- charakteristiky vodiča – udáva maximálnu dovolenú teplotu jadra, ktorá závisí od druhu izolácie a napätí,
- charakteristiky prevádzky – závisí od časového priebehu prúdu,
- charakteristiky prostredia – závisí od odvodu tepla,
- charakteristiky uloženia – závisí od toho odvod tepla, spôsoby uloženia v Tab. 4-1,
- charakteristiky zaťaženia – vplyvom vyšších harmonických prúdov väčšie straty a zaťaženia. [10]

Pri dimenzovaní na základe hospodárnosti musí byť vedenie navrhnuté tak aby boli náklady na ich nákup, prevádzku a údržbu optimálne. Pri dimenzovaní na základe mechanickej pevnosti musí byť navrhnutý tak, aby odolal mechanickým namáhaniam. Pri dimenzovaní podľa úbytku napätia nesmie byť rozdiel napätia väčší ako je predpísaný. Pre väčšinu spotrebičov je táto hodnota $\pm 5\% U_n$. Pri dimenzovaní podľa skratových prúdov je dôležité, aby vedenie znieslo ako tepelné, tak aj dynamické účinky skratového prúdu. [10]

4.4.2 Svetelné obvody

Svetelné obvody sú spomenuté v norme ČSN 33 2130 ed. 3. V tejto norme je definovaný maximálny počet svietidiel na jeden svetelný obvod. Maximálny počet svietidiel v jednom svetelnom obvode je daný pomocou podmienky, kde súčet menovitých prúdov svietidiel neprekročí prúd istiaceho prístroja. Menovitý prúd je stanovený na základe maximálneho príkonu svietidla. V prípade, že nie je nutné osvetľovať celú plochu súčasne a v priestore je väčší počet svetelných zdrojov sa svetelné obvody členia na viac samostatne ovládaných skupín čo umožňuje regulovať osvetlenie. [13]

V niektorých priestoroch sú zriadené dva svetelné obvody, aby pri poruche jedného bolo možné zabezpečiť aspoň orientačné osvetlenie. Realizuje sa to v priestoroch, kde je to žiadúce z hľadiska prevádzky. Príkladmi sú schodiská výškových domov, učební škôl a ďalšie priestory. [13]

Požiadavka na ovládacie prístroje vyplývajúca z normy je, aby ich menovitý prúd nebol menší ako súčet menovitých prúdov svietidiel, ktoré sú nimi ovládané. Umiestnenie spínačov má byť pri vchodových dverách z prevádzkového a bezpečnostného hľadiska. Ak nie je nutné tieto hľadiská dodržiavať je ich možné umiestniť aj na iné miesta. [13]

V svetelných obvodoch sú proti nadprúdom istené len prírodné vedenia a svetelné zdroje sa zvlášť neistia. Tieto vedenia sa istia prístrojmi s menovitým prúdom najviac 25 A. Vedenia musia mať vhodne zvolený prierez vzhľadom k veľkosti menovitého prúdu daného istiaceho prvku. Ak sa istí svetelný obvod pomocou prúdového chrániča v priestoroch bytových domov,

občianskej výstavby a pracovísk, tak prúdový chránič môže chrániť iba jeden svetelný obvod. [13]

4.4.3 Zásuvkové obvody

Zásuvkové obvody slúžia na pripojenie spotrebičov elektrickej energie do siete. Spotrebiče sú pripojené do obvodu pomocou vidlice, ktorá sa pripája do zásuvky. Zásuvkové obvody popisuje norma ČSN 33 2130 ed. 3. Voľba zásuviek musí byť podľa napäťovej a prúdovej sústavy. Nesmie sa stať, aby pri použití dvoch napäťových sústav mohlo dôjsť k zámene zásuviek. Pri takejto zámene by mohlo dôjsť k úrazu alebo poškodeniu majetku. Odporúčané zapojenie jednofázovej zásuvky je, aby ochranný kolík bol hore a nulový vodič bol pri pohľade spredu na pravej strane. Dôležité je, aby mala každá zásuvka pripojený ochranný kolík na ochranný vodič. [13]

Do jedného jednofázového obvodu môže byť pripojených najviac 10 zásuvkových vývodov, pričom dvojzásuvka a viacnásobná zásuvka sa počíta ako jeden vývod. Ak je zásuvkový obvod istený 16 A istiacim prvkom, tak celkový inštalovaný výkon v tomto obvode nesmie prekročiť 3 680 VA. Ak je obvod istený 10 A prvkom, potom 2 300 VA. Pripojenie dvojzásuvky je možné len na jeden obvod. Ak sa požaduje pripojiť viacnásobnú zásuvku na rôzne obvody je to možné len, ak sú jednotlivé priestory v inštaláčnej krabici izolačne oddelené. [13]

V zásuvkovom obvode sú pomocou nadprúdových prístrojov istené pred nadprúdmi len vedenia a spotrebiče pripojené do obvodu nie sú nimi istené. Z toho dôvodu musí mať vedenie vhodný prierez vzhľadom k istiacemu prvku a ďalším požiadavkám vyplývajúcich z dimenzovania vedení. Zásuvky a ich svorky v zásuvkovom obvode musia byť nadimenzované minimálne na menovitý prúd istiaceho prvku, ktorý daný obvod istí. [13]

Zásuvkové obvody je nutné chrániť aj prúdovým chráničom, čo vyplýva z normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 3. Podmienky chránenia prúdovým chráničom sú uvedené v kapitole 4.2.3.

4.4.4 Káble a vodiče

Káble a vodiče slúžia na spojenie zdroja elektrickej energie so spotrebičom. Základným prvkom káblov a vodičov je ich jadro. Jadro je vodivá časť, ktorá spája spotrebič so zdrojom. Jadra silových káblov sa vyrábajú z medi alebo hliníka. Dôležité je, aby tieto materiály boli čisté a neobsahovali veľké množstvo prímiesí, ktoré zhoršujú ich vlastnosti. Z toho dôvodu sú normou definované ich vlastnosti, ktoré musia tieto materiály určené ako elektrovodné splňovať. [10]

Hliník má oproti medi niektoré materiálové vlastnosti horšie. Nevýhodou je, že hliník má menšiu húževnatosť. Z toho dôvodu je dôležité zvýšiť pozornosť pri čistení izolácie, lebo môže dôjsť k poškodeniu a následne sa veľmi ľahko zlomí. Hliník je mäkký a takmer nepružný, táto nevýhoda sa prejavuje pri dlhodobom mechanickom zaťažení. Tepelná rozťažnosť je vyššia oproti železu, z ktorého sú vyrábané svorky a pri zahriatí spoja dochádza k posunu vodiča, čo môže spôsobiť zvýšenie prechodového odporu a tepelnej deštrukcii. Prechodový odpor sa tiež zvyšuje pokrytím hliníka vrstvou oxidov, ktorá sa rýchlo tvorí. Nevýhoda hliníka vyplývajúca z pomeru vodivosti je väčší prierez až o 64 % v porovnaní s meďou. [10] [15]

Z ekonomického hľadiska má hliník výhodu v svojej cene. Z toho dôvodu sa v minulosti hliníkové vodiče a káble používali a stále je možné ich vidieť v starých elektroinštaláciách. [15] V dnešnej dobe sa hliníkové vodiče v nových inštaláciách môžu objaviť iba s prierezom minimálne 16 mm². Avšak norma povoľuje aj použitie hliníkových vodičov s menším prierezom, ale iba pri opravách starších vedení, ktoré sú zhotovené pomocou týchto vodičov. [11]

Jadrá vodičov môžu byť plné alebo zložené. Plné sú tvorené jedným vodičom a zložené pozostávajú zo zlanených drôtov. [10]

Káble je možné ďalej deliť podľa rôznych kritérií, napríklad napätia, druhu izolácie, použitia pre jednotlivé účely a ďalších. Z toho dôvodu existuje veľa druhov káblov. Kvôli tomu sa ďalej obmedzíme iba na káble určené na nízke napätie a budú rozdelené podľa izolácie.

Káble s PVC izoláciou sú najrozšírenejšími. Jeho výhodou je, že nešíri plameň ako zosietený polyetylén. Nevýhodou je jeho cena a uvoľňovanie chlorovodíka pri jeho tepelnom starnutí a horení. Najviac používaný v oblasti vnútorných rozvodov je kábel s medeným jadrom označovaný ako CYKY. Tento kábel má tvorenú izoláciu a plášť z PVC. [10]

Výhodou káblov s izoláciou zo zosieteného polyetylénu (XPE) je, že má dobrú tvarovú stálosť aj mechanické vlastnosti, vyššiu prúdovú a skratovú zaťažiteľnosť, malú kapacitu a malé dielektrické straty. [10]

Pri výbere druhu kábla je dôležité vybrať taký, ktorý bude rešpektovať pôsobenie vonkajších vplyvov, spôsob jeho uloženia, elektromagnetickú kompatibilitu a pokyny výrobcu. [14]

Aby bolo možné káble rozlišovať, sú definované rôzne značenia. Tieto značenia sa v rôznych štátoch líšia. V Českej republike sa môžeme stretnúť so starým značením, ktoré je ešte stále zaužívané, uvedené niektoré kódy v Tab. 4-2 a s novším označením podľa ČSN 34 7409, ktoré vychádza z harmonizovaného dokumentu, uvedené niektoré kódy v Tab. 4-3. Tento systém nie je príliš zaužívaný. Oproti starému je zložitejší, ale o to presnejší.

Podľa starého označenia za typom kábla podľa Tab. 4-2 ďalej nasleduje označenie prítomnosti ochranného vodiča (J – s ochranným vodičom, O – bez ochranného vodiča), počet žíl a ich prierez v mm². Príklad: CYKY-J 3x2,5, ide o o silový kábel s medeným jadrom s PVC izoláciou a plášťom s ochranným vodičom s tromi žilami o priereze 2,5 mm².

Tab. 4-2 Staré označenie káblov [10]

Menovité napätie		Materiál jadra		Materiál izolácie		Charakteristika		Materiál plášťa		Obaly nad plášťom		Zvláštne označenie	
	750 V	C	meď	G	kaučuk	K	silový kábel	G	kaučuk	P	pancier z ocele. pásikov	m	mrazuvzdorný
1	1 kV	A	hliník	Y	PVC	L	ľahká šnúra	Y	PVC	D	pancier z ocele. drôtov	s	samonosný
6	6 kV			X	XPE	Z	zvárací	X	XPE	Y	PVC	z	závesný
10	10 kV							O	olovený plášť			l	lišťový
22	22 kV							C	medené tienenie				

Tab. 4-3 Označenie káblov podľa harmonizovaného dokumentu z ČSN 34 7409

1. Základný typ		2. Menovité napätie	3. Materiál izolácie	4. Materiál plášťa	5. Zvláštnosti vyhotovenie	6. Typ jadra	7. Počet žil	8. Ochranný vodič	9. Prieraz jadra
1.			2.			3. a 4.			
H	harmonizovaný typ		01	100/100 V			V	PVC	
A	národný typ		03	300/300 V			V2	PVC do 90 °C	
			05	300/500V			V3	mrazuvzdorný PVC	
			07	450/750 V			E	PE	
							X	XPE	
							S	silikón	
5.			6.			8.			
H	plochý rozdeliteľný		U	samostatný drôt			X	bez ochranného vodiča	
H2	plochý nerozdeliteľný		R	viacdrôtový			G	s ochranným vodičom	
H3	plochý s 3 žilami		K	viacdrôtový na pevné uloženie					
C4	tienenie opletom		F	jemný viacdrôtový flexibilný					

4.5 Elektrické prístroje

Elektrické prístroje sú prvkami v elektrizačnej sústave plniace funkcie, ktoré sústava vyžaduje. Najčastejšie sa tieto zariadenia nachádzajú pri stroji alebo spotrebiči. Elektrické prístroje môžu vykonávať rôzne činnosti. Preto tieto zariadenia môžeme deliť na spínacie, istiace a chrániace, meniace, ovládacie, meracie riadiace, signalizačné a iné. [16]

Najdôležitejšie prístroje v oblasti rozvodu elektrickej energie sú istiace a chrániace, ktoré sú podrobnejšie rozanalyzované v nasledujúcich podkapitolách.

4.5.1 Nadprúdové prístroje

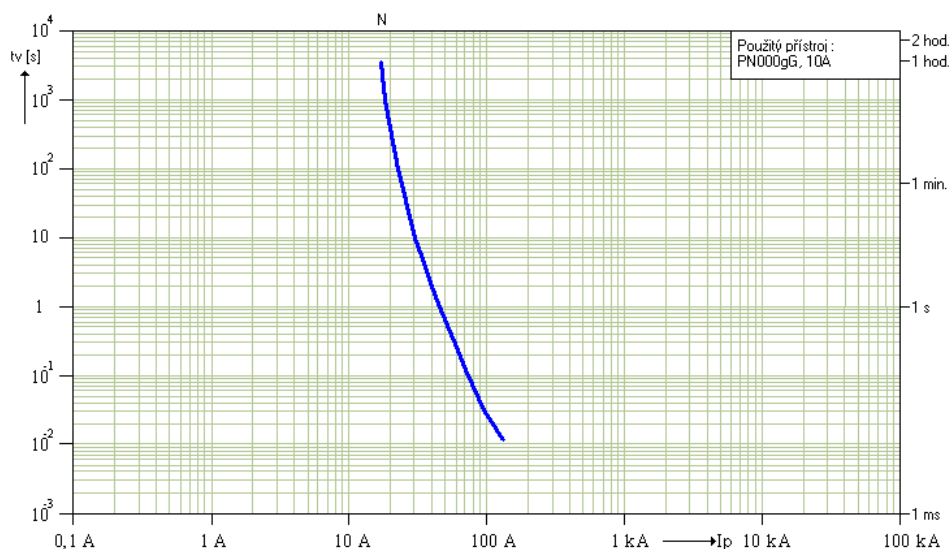
Medzi najznámejšie nadprúdové ochranné a istiace prístroje patria poistky a ističe. Ich účelom je samočinne prerušiť obvod v prípade nadprúdu. Čas, za ktorý k odpojeniu dôjde závisí od veľkosti nadprúdu a od charakteristiky prístroja.

Ich primárnou úlohou je ochrana inštalácie a zariadení pred nadprúdmi. Sekundárnou úlohou je zabezpečiť automatické odpojenie poškodeného zariadenia od zdroja v prípade, že ním prechádza prúd schopný spôsobiť vybavenie prístroja v požadovanom čase. [9]

4.5.1.1 Poistky

Poistky využívajú tepelné účinky nadprúdov. Vďaka tomu sa tavný vodič alebo jeho zúžené miesta, najslabšie časti chráneného obvodu, najviac zahrievajú. Po priechode nadprúdu určitej veľkosti po určitú dobu dôjde k roztaveniu časti tavného vodiča a vznikne nadprúd, ktorý je následne uhasený sypkým materiálom, kremičitým pieskom, a obvod sa preruší. Nožové poistky, ktoré sú určené pre väčšie prúdy obsahujú niekoľko častí. Jednou sú zúžené miesta, kde dôjde k pretaveniu pri veľkých nadprúdoch. Týmto sa obmedzí vrcholová hodnota skratového prúdu a zníži sa aj hodnota Joulovho integrálu prepusteného do isteného obvodu. Ďalej sa využíva nanosenie spájky s nízkou teplotou tavenia. Pri malých nadprúdoch táto spájka difúziou prechádza do základného materiálu. V tomto mieste sa zníži teplota tavenia a zväčší sa merný odpor, vďaka čomu sa miesto rýchlejšie zahreje, až sa pretaví. [17]

Norma predpisuje doby, počas ktorých veľmi malé násobky menovitých prúdov nesmie poistka vypnúť a vypínacie časy dokedy musí vypnúť vyššie násobky. Poistka nesmie vypnúť malé prúdy a malé nadprúdy 1,3 – 1,5 nesmie vypnúť do určitej doby. Do určitej doby však musí vypnúť o málo väčšie nadprúdy 1,6 – 2,1 menovitého prúdu. Vypínací čas poistiek je tým menší, čím väčší je násobok menovitého prúdu. [17] Na Obr. 4-1 je znázornená vypínacia charakteristika poistky.



Obr. 4-1 Vypínacia charakteristika poistky

Poistky z hľadiska zabránenia škôd spôsobených nadprúdmi patria k najspoľahlivejším prístrojom. V niektorých oblastiach sú stále nenahraditeľné a ich použitie je opodstatnené. Poistky majú množstvo výhod. Príkladmi sú vysoká kvalita a spoľahlivosť, malé straty,

zaručená vypínacia schopnosť, zaistenie selektivity, obmedzenie skratových prúdov a ďalšie. Ich nevýhodou je nutnosť výmeny po vybavení. Pre správne zachovanie istenia je nutné, aby nová poistka v porovnaní s pôvodnou mala rovnakú alebo podobnú charakteristiku. [17]

Delenie poistiek môže byť na základe napäťových úrovní, konštrukcie, rýchlosti vybavenia, nominálneho prúdu, vypínacej schopnosti. Označenie poistiek: FU.

4.5.1.2 Ističe

Vývin ističov bol so zámerom náhrady poistiek. Výhodou ističov je ich možnosť po vybavení opäť zapnúť. Ďalšou výhodou je použitie rôznych doplnkových prvkov ako sú napäťové či podpäťové spúšte, diaľkové ovládanie, nastaviteľnosť vypínacej charakteristiky. [17]

Istič obsahuje dve spúšte. Nadprúdovú – tepelnú a skratovú – elektromagnetickú. Nadprúdová spúšť je tvorená bimetalom. Pôsobením malých nadprúdov spôsobených preťažením sa bimetal ohrieva a svojím pohybom spôsobí uvoľnenie spúšte a istič rozopne obvod. Elektromagnetická spúšť reaguje na skratové prúdy. Táto spúšť môže pôsobiť okamžite alebo s časovým oneskorením. Pri prechode skratových prúdov elektromagnet spôsobí uvoľnenie spúšte a istič vybaví. Vypínací pochod musí mať vždy prednosť pred zapínaním. [17]

Kombináciou tepelnej a elektromagnetickej vypínacej charakteristiky dostaneme výslednú charakteristiku ističa. Táto charakteristika je znázornená na Obr. 4-2.

Existuje veľké množstvo ističov, ktoré sa delia podľa rôznych kritérií. Medzi základné delenia patria nasledovné:

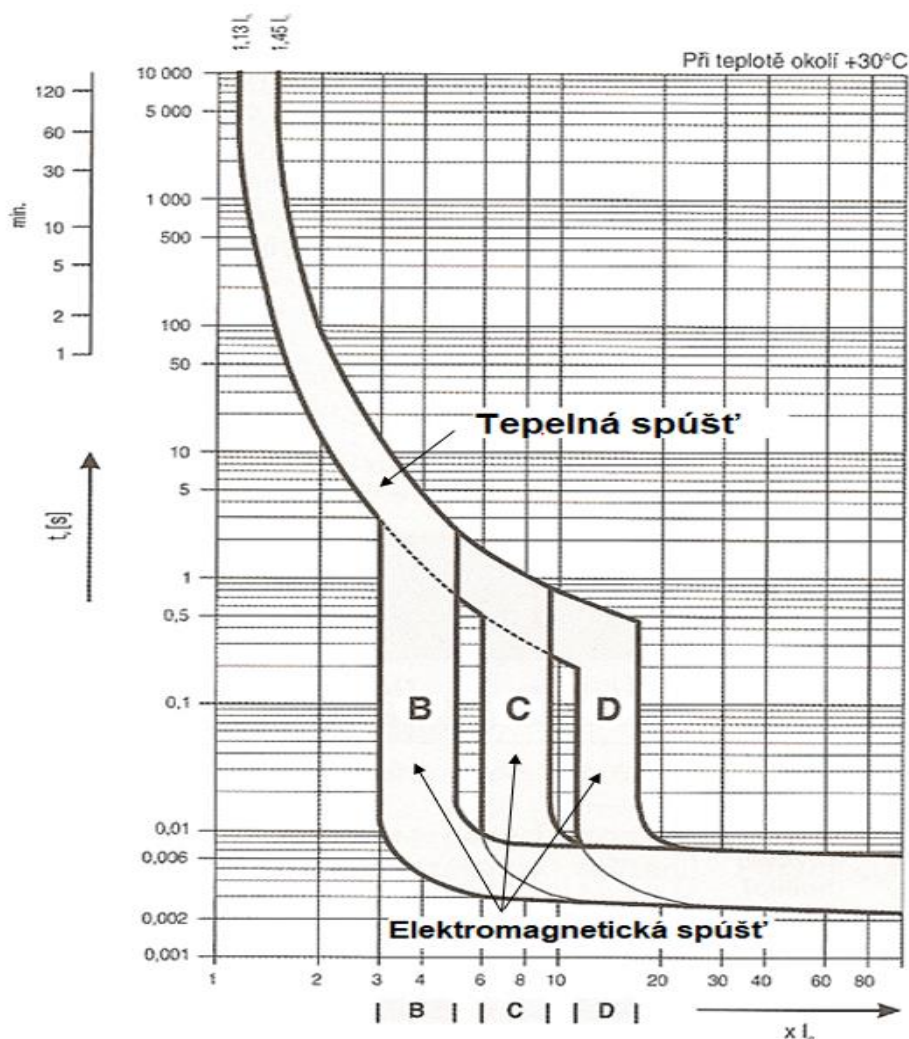
Delenie podľa počtu pólov:

- 1 pólové,
- 1 + N pólové,
- 2 pólové,
- 3 pólové,
- 3 + N pólové.

Delenie podľa vypínacej charakteristiky [17]:

- A – pre istenie polovodičov,
- B – pre istenie vedení napájajúcich spotrebiče nespôsobujúce veľké prúdové rázy, zlom medzi 3 – 5 I_n ,
- C – pre istenie vedení napájajúcich zariadenie spôsobujúce prúdové rázy (motory), zlom medzi 5 – 10 I_n ,
- D – pre istenie vedení napájajúcich zariadenie spôsobujúce veľké prúdové rázy (motory s ťažkým rozbehom, transformátory), zlom medzi 10 – 20 I_n .

Ďalej je možné ističe deliť podľa menovitej skratovej schopnosti. Táto schopnosť udáva, aký veľký skratový prúd je istič schopný prerušiť. Taktiež je možné ich deliť podľa druhu prúdu. Označenie ističov: FA.



Obr. 4-2 Vypínacie charakteristiky ističov typu B, C, D [17]

4.5.2 Prúdové chrániče

Prúdové chrániče sú elektrické prístroje, ktoré boli vyvinuté za účelom ochrany pred úrazom elektrickým prúdom. Základným prvkom prúdového chrániča je súčtový transformátor prúdu. Primárne vinutie tohto transformátora je tvorené pracovnými vodičmi a sekundárne vinutie napája cievku relé. Princípom je vyhodnocovanie vektorového súčtu prúdov prechádzajúcich chráneným obvodom. Za normálnych podmienok je vektorový súčet a tým magnetický tok rovný nule. V prípade poruchy sa nedosahuje rovnováha v dôsledku čoho vznikne reziduálny prúd ($I_{\Delta n}$), v sekundárom vinutí sa naindukuje napätie a cievka vypínacieho relé spôsobí vypnutie obvodu pomocou spúšťového mechanizmu. [9] [18]

Prúdových chráničov musia prechádzať všetky pracovné vodiče. Nesmie ním prechádzať ochranný vodič. Z toho dôvodu je použitie prúdových chráničov v TN sústavách možný iba v TN-S. [18]

Prúdové chrániče môžu vykonávať jednu alebo viacej nasledujúcich funkcií:

- ochranu pri poruche automatickým odpojením od zdroja – použitie chrániča s ľubovoľným reziduálnym prúdom, ak je splnená podmienka na dobu odpojenia a impedančnú slučku alebo veľkosť dotykového napätia,

- doplnkovú ochranu prúdovým chráničom – prúdové chrániče s maximálnym reziduálnym prúdom do 30 mA,
- ochrana pred požiarom – prúdové chrániče s maximálnym reziduálnym prúdom do 300 mA. [19]

Základnými parametrami prúdových chráničov sú:

- menovitý reziduálny prúd $I_{\Delta n}$ – 10, 30, 100, 300, 500 mA,
- menovitý prúd I_n ,
- menovité pracovné napätie U_e ,
- citlivosť na druhy reziduálnych prúdov:
 - typ AC – reaguje na striedavé sínusové reziduálne prúdy,
 - typ A – reaguje na striedavé i pulzujúce jednosmerné reziduálne prúdy,
 - typ B – reaguje na reziduálne prúdy ako typ A a hladké jednosmerné,
- vypínacie oneskorenie a rázová odolnosť:
 - typ - – bez obmedzenia doby nepôsobenia,
 - typ G – rázovo odolný, minimálna doba nepôsobenia 10 ms,
 - typ S – selektívny, minimálna doba nepôsobenia 40 ms. [19]

V súčasnosti je možné sa stretnúť aj s prúdovými chráničmi, ktoré obsahujú nadprúdovú ochranu. Tieto chrániče slúžia na istenie a ochranu jednofázových systémov. Použitím prúdového chrániča s nadprúdovou ochranou sa ušetrí jeden modul v rozvodnej skrini v porovnaní s osobitnými ochranami. Preto sa s týmito systémami môžeme stretnúť hlavne v bytových priestoroch, kde sa snažíme ušetriť miesto.

Označenie prúdových chráničov: FI.

4.5.3 Prepäťové ochrany

Tieto prístroje slúžia na ochranu zariadení pred prepätím. Prepätie môže vzniknúť spínacími pochodmi v sieti (spínacie prepätie) alebo v dôsledku úderu blesku (atmosférické prepätie).

Spínaním niektorých zariadení sa vytvoria prepäťové impulzy, ktoré sa ďalej šíria sieťou. Tieto impulzy môžu poškodiť citlivé elektronické zariadenia ako sú zariadenia výpočtovej techniky. Energia prepäťovej vlny je menšia ako je energia vlny spôsobenej vplyvom úderu blesku, ale aj napriek tomu je nutné zariadenia proti týmto vlnám chrániť. Atmosférické prepätia spôsobené úderom blesku spôsobujú väčšie škody. Veľkosť škôd závisí na mieste úderu blesku. Prepätia spôsobené úderom blesku nenastávajú tak často ako spínacie prepätia. [20]

Tieto prístroje pri výskyte prepätia s veľkosťou prevyšujúcu definovanú úroveň znížia svoju impedanciu a umožnia vyrovnanie potenciálu. Týmto pochodom sa prepätie zníži na definovanú úroveň. Prepäťová ochrana vlastne spojí pracovný vodič s vodičom ochranným v sústavách

TN-S. Znižovanie prepätia sa musí uskutočňovať postupne. Z toho dôvodu je niekoľko typov

prepäťových ochrán. V Tab. 4-4 sú uvedené typy ochrán. V tabuľke sa nachádza aj trieda, avšak tá je nahradená typom. [20]

Tab. 4-4 Typy prepäťových ochrán [20]

Stupeň	Typ	Trieda	Prepätie
1	T1	B	4 kV
2	T2	C	2,5 kV
3	T3	D	1,5 kV

V praxi je možné sa stretnúť s prepäťovými ochranami, ktoré kombinujú typ T1 a T2. Tieto prepäťové ochrany sa inštalujú do hlavnej rozvodnej skrine. Ochrany T3 sa aplikujú do konkrétnych obvodov alebo do zásuviek. Pre zachovanie správnej ochrany je nutné prepäťové ochrany koordinovať. Vzdialenosti medzi jednotlivými typmi ochrán musia byť väčšie ako 5 m. To sa však netýka ochrany T1 + T2. Pri umiestnení ochrany T3 v zásuvke sú taktiež chránené aj ďalšie zásuvky nasledujúce po nej do vzdialenosti približne 5 m. V prípade, že vzdialenosť medzi typom T3 a T2 je menšia ako 5 m nie je nutné použiť typ T3, pretože typ T2 je schopné toto zariadenie ochrániť. [20]

Označenie prepäťových ochrán: FV.

4.5.4 Ostatné

Vyššie spomínané prístroje majú rôzne prevedenia. Pre rozvody s menšími výkonmi slúžia modulárne systémy, ktoré sú určené pre montáž na DIN lištu. K týmto prístrojom je možné zabezpečiť rôzne príslušenstvá. Môže ísť o pomocné a signalizačné spínače, diaľkové ovládania, napäťové a podpäťové spúšte a iné. Signalizačné spínače slúžia na signalizáciu polohy zariadenia. Pomocou diaľkových ovládaní môžeme ovládať prístroje na diaľku. Napäťové a podpäťové spúšte slúžia pre vypnutie daného istiaceho prvku privedením napätia v prípade napäťovej alebo prerušením pre podpäťové.

5. NÁVRH ELEKTRICKEJ SIETE

Návrh siete vychádza z výkonových možností striedačov, ktoré sú uvedené v kapitole 3.4. Vstupnými požiadavkami na napájanie ostrovnej siete je, aby rozloženie spotreby bolo navrhované na trvalý príkon ($S = 4 \text{ kVA}$), ktoré sú schopné striedače poskytnúť a v neočakávaných situáciách má byť zaistená možnosť využitia maximálneho tridsať minútového príkonu ($S = 5,2 \text{ kVA}$).

Dôležité je pripomenúť, že návrh bude rozšírením existujúcej siete. V súčasnosti hybridný systém napája rozvádzač, v ktorom sú inštalované 4 zásuvky, z toho sú 2 programovateľné. Taktiež je rozvádzač vyzbrojený transformátorom pre napájanie kontroliek. Navrhovaný systém zachová túto pôvodnú časť avšak neprogramovateľné zásuvky budú zrušené a budú zapojené podľa tohto návrhu.

Sieť bude obsahovať dva zásuvkové okruhy. Prvý zásuvkový obvod XS1 je uvažovaný na mieste realizácie nového pracoviska v laboratóriu. V tomto zásuvkovom obvode sa počíta so 6 dvojzásuvkami, pričom dve z nich budú vybavené prepäťovou ochranou triedy T3, ktoré budú vhodné na napájanie výpočtovej techniky. Druhý zásuvkový obvod XS2 bude pozostávať z dvoch soklových zásuviek umiestnených v rozvádzači. Tieto zásuvky sú navrhované ako servisné. Predpokladaný inštalovaný príkon v zásuvkových obvodoch spolu aj s jestvujúcim obvodom, na ktorý je pripojený ohrievač je $P_i = 4\,200 \text{ W}$.

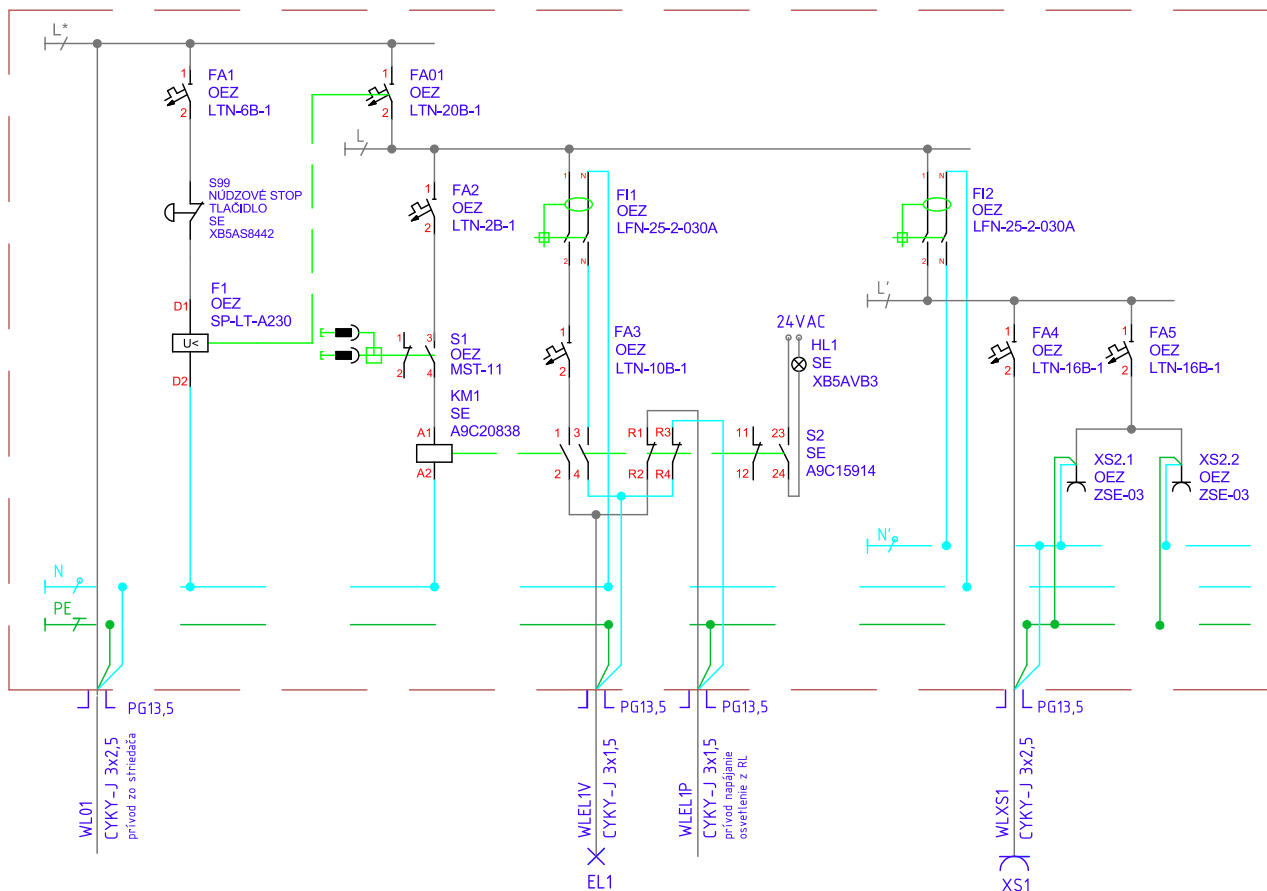
Pre lepšie využitie vyrobenej energie je vhodné, aby sieť napájala zariadenie s trvalou záťažou. Po prehliadke laboratória sa určilo, že trvalú záťaž bude reprezentovať osvetlenie. Osvetlenie v laboratóriu je v súčasnosti rozdelené na jednotlivé sekcie, pričom jedná sekcia by sa napájala z navrhovanej siete. Zvolená sekcia obsahuje osem svietidiel so žiarivkovým typom svetelného zdroja. Pre túto sekciu uvažujeme inštalovaný príkon $P_i = 250 \text{ W}$.

Pri napájaní osvetlenia má byť stále k dispozícii možnosť prepnutia napájania medzi napájaním z ostrovnej a z distribučnej siete. Prepínanie bude zabezpečovať stýkač s dvomi zapínacími a dvomi rozpínacími kontaktmi. Keďže primárne napájanie osvetlenia bude z ostrovnej siete, z toho dôvodu bude cievka stýkača napájaná z tejto siete. Na vstupné zapínacie kontakty budú privedené pracovné vodiče z ostrovnej siete a na rozpínacie kontakty pracovné vodiče z distribučnej siete. Takéto zapojenie umožní v prípade vypnutia ostrovnej siete, alebo poruchy automaticky prepnúť napájanie. Tento stýkač sa bude nachádzať v rozvádzači ostrovného systému.

Sieť je napájaná z hybridného systému a v prípade vybitia akumulátorov je možné ich nabiť z distribučnej sústavy pričom hybridný systém môže stále napájať sieť. V takomto prípade je lepšie odľahčiť napájanú sieť. Odľahčenie sa zaistí prepnutím napájania osvetlenia. Prepínanie bude zaistené pomocou tlačidlového spínača, ktorý bude ovládať cievku stýkača. Navyše k stýkaču bude pridaný pomocný kontakt, ktorý bude spínať signalizačnú kontrolku v prípade, že osvetlenie je napájané z ostrovného systému.

V prípade poruchy alebo úrazu bude vypnutie siete zabezpečené tlačidlom núdzového vypnutia umiestnený na rozvádzači. Pokyn na vypnutie hlavného ističa dá podpäťová spúšť, kedy v prípade stlačenia núdzového stop tlačidla dôjde k rozpojeniu napájania podpäťovej spúšte. Z hľadiska bezpečnosti a spoľahlivosti je nutné takto realizovať núdzové vypnutie.

Na Obr. 5-1 je znázornená základná schéma, ktorá bola vytvorená na základe vyššie spomenutých skutočností. Táto schéma rieši iba rozšírenie elektroinštalácie.



Obr. 5-1 Základná schéma

V Tab. 5-1 je uvedená energetická náročnosť ostrovnej siete vrátane navrhovaných aj jestvujúcich zariadení. Celkový zdanlivý príkon je menší ako je príkon striedačov, čo znamená, že striedače by mali byť schopné pokryť nároky zariadení.

Tab. 5-1 Energetická náročnosť

Obvod	Inštalovaný príkon P_i (W)	Súdobosť β (-)	Súdobý príkon P_s (W)
zásuvkové okruhy	2 200	0,40	880
ohrievač (pôv. zapojenie)	2 000	1,00	2 000
svetelný okruh	250	1,00	250
technológie rozvádzača	100	1,00	100
Celkový inštalovaný príkon P_i (W)			4 550
Celkový súdobý príkon P_{sc} (W)			3 230
Celkový súdobý zdanlivý príkon S_{sc} (VA)			3 400

Príklad výpočtu prúdu pre prvý riadok:

$$P_S = P_i \cdot \beta = 2\,200 \cdot 0,40 = 880 \text{ W} \quad (5.1)$$

Príklad výpočtu celkový zdanlivý príkon:

$$S_{Sc} = \frac{P_{Sc}}{\cos\varphi} = \frac{3\,230}{0,95} = 3\,400 \text{ VA} \quad (5.2)$$

Celkový návrh siete a spôsob akým bude elektroinštalácia realizovaná je uvedený v Projektovej dokumentácii. Projektová dokumentácia je súčasťou Prílohy B.

5.1 Návrh káblových vedení

Návrh káblových vedení a ich istenie bolo realizované pomocou softwaru Sichr. Vzhľadom k tomu, že sa jedná o štandardnú elektroinštaláciu, boli zvolené káble CYKY-J s prierezmi pre zásuvkový obvod $2,5 \text{ mm}^2$ a pre svetelná obvod $1,5 \text{ mm}^2$. Pre jednotlivé káblové vývody boli uvažované nasledujúce podmienky.

Pri návrhu sme uvažovali s najvyššou teplotou okolia 40°C , ktorá bola zvolená na základe Protokolu o určení vonkajších vplyvov č. 01/2020. Tento protokol je súčasťou projektovej dokumentácie. Vedenie pre zásuvkový okruh XS1 bude vedené z rozvádzača k zásuvkám v káblových žľaboch, ktoré sa nachádzajú v laboratóriu a časť bude vedená za sadrokartónovou stenou. Z toho dôvodu bol uvažovaný spôsob uloženia káblového vedenia A2. Uvažovaný prepočítavací súčiniteľ $k = 0,87$.

Osvetlenie bude napájané z dvoch zdrojov pričom prepínanie sa bude nachádzať v rozvádzači ostrovného systému RLOS. Preto z rozvádzača RL bude káblom privedené napájanie osvetlenia z distribučnej siete do rozvádzača RLOS. Z rozvádzača RLOS bude káblom vyvedené napájanie osvetlenia, ktoré bude v rozvádzači RL napojené na existujúcu elektroinštaláciu osvetlenia. Tieto káble budú vedené v káblovom žľabe súbežne vedľa seba a uvažovaný spôsob uloženia E. Celkový uvažovaný prepočítavací súčiniteľ pre svetelný obvod $k = 0,757$.

Ako hlavný prívodný kábel napájajúci rozvádzač RLOS zo striedačov je použitý kábel CYKY-J $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$. Vzhľadom na to, že tento kábel vyhovuje nebude sa riešiť jeho výmena. Spôsob uloženia tohto kábla je E, koeficient $k = 0,87$.

V nasledujúcej tabuľke Tab. 5-2 sú uvedené dovolené prúdy vodičmi vzhľadom na uvažovaný prepočítavací súčiniteľ.

Tab. 5-2 Dovoľené prúdy vodičmi

Obvod	Typ kábla	Dovoľený prúd I_n (A)	Prepočítavací súčiniteľ k (-)	Dovoľený korigovaný prúd I_{nk} (A)
Zásuvkový obvod XS1	CYKY-J $3 \times 2,5$	18,5	0,87	16,1
Svetelný obvod EL1	CYKY-J $3 \times 1,5$	22	0,757	16,7
Prívod	CYKY-J $3 \times 2,5$	30	0,87	26

5.2 Istenia obvodov a ich ochrana

Pre istenie jednotlivých obvodov proti nadprúdmi boli zvolené ističe s charakteristikou B s vypínacou schopnosťou do 10 kA. V Tab. 5-3 sú uvedené jednotlivé navrhované istiace prvky pre jednotlivé obvody.

Tab. 5-3 Istenie obvodov

Obvod	Označenie ističa	Typ ističa	Parametre ističa
Rozvádzač RLOS, hlavný istič	FA01	LTN-20B-1P	$I_n = 20$ A, char. B
Podpäťová spúšť	FA1	LTN-6B-1P	$I_n = 6$ A, char. B
Cievka stykača	FA2	LTN-2B-1P	$I_n = 2$ A, char. B
Svetelný obvod EL1	FA3	LTN-10B-1P	$I_n = 10$ A, char. B
Zásuvkový obvod XS1	FA4	LTN-16B-1P	$I_n = 16$ A, char. B
Zásuvkový obvod XS2	FA5	LTN-16B-1P	$I_n = 16$ A, char. B

Menovité hodnoty prúdov jednotlivých ističov sú menšie ako je dovolený korigovaný prúd I_{nk} uvedený v Tab. 5-2, čo znamená, že vedenia sú správne chránené.

Prívodný kábel bude chránený pred nadprúdmi striedačmi, ktoré dokážu vedenie chrániť proti skratom aj proti preťaženiu. [21]

Zásuvkové obvody a svetelný obvod budú navyše chránené doplnkovou ochranou prúdovým chráničom s menovitým reziduálnym prúdom 30 mA. V Tab. 5-4 sú uvedené navrhované prúdové chrániče.

Tab. 5-4 Navrhnuté prúdové chrániče

Obvod	Označenie prúd. chrániča	Typ prúdového chrániča	Parametre prúdového chrániča
Zásuvkové obvody	FI1	LFN-25-2-030A	$I_n = 25$ A, $I_{\Delta} = 30$ mA, typ A
Svetelný obvod	FI2	LFN-25-2-030A	$I_n = 25$ A, $I_{\Delta} = 30$ mA, typ A

Správnosť voľby ochranných a istiacich prvkov je uvedená v overovacích výpočtoch v časti Projektovej dokumentácie Impedancia poruchovej slučky a skratový prúd v navrhovanej elektroinštalácii.

6. ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

Cieľom bolo vytvorenie elektroinštalácie, ktorá umožní efektívnejšie využívať vyrobenú elektrickú energiu z vlastných zdrojov.

V súčasnosti pozostáva ostrovná sieť len z rozvádzača, ktorý je vyzbrojený štyrmi soklovými zásuvkami, pričom dve z nich sú programovateľné. Z energetického hľadiska tento systém neumožňuje dostatočné využitie vyrobenej elektrickej energie, keďže sa z neho napája len ohrievač cez programovateľnú zásuvku, ktorý temperuje laboratórium v nočných hodinách.

Nami navrhované rozšírenie systém umožní efektívnejšie využívať vyrobenú elektrickú energiu, keďže bude napájať sekciu osvetlenia v tomto laboratóriu a taktiež obsahuje zásuvkový okruh, ktorý sa bude nachádzať v mieste plánovaného laboratórneho pracoviska. Napájaná sekcia svietidiel bude predstavovať trvalú záťaž, ktorá zaručí využitie vyrobenej energie v čase výskytu osôb v laboratóriu. Zásuvkový obvod v mieste plánovaného pracoviska umožní ešte vo väčšej miere využívať túto energiu, keďže môže napájať zariadenia tohto pracoviska.

Z ekonomického hľadiska bude nutné na túto realizáciu vyčleniť sumu približne 14 393,31 Kč bez DPH ako je uvedené v projektovej dokumentácii. Táto suma zahŕňa všetok potrebný materiál na realizáciu navrhovaného rozšírenia. Pri využití zliav od dodávateľov, ktorými disponuje Ústav elektroenergetiky, ako investor, môže byť táto suma nižšia. Projektová dokumentácia nezahŕňa realizáciu projektu, nakoľko môže byť realizovaná formou rôznych študentských prác.

Doba návratnosti využitých finančných prostriedkov bude závisieť od vyťaženia laboratória, hlavne využívania zariadení zapojených do tejto siete.

Predpokladaná týždenná spotreba v čase semestra sa uvažuje 32,2 kWh. Táto spotreba vychádza na základe predpokladaného využívania novo navrhutej časti elektroinštalácie a taktiež za predpokladu využívania ohrievača zapojenej na pôvodnú časť elektroinštalácie, ktorý slúži na temperovanie miestnosti. Rozvrhovaná výuka v laboratóriu je v súčasnosti iba počas zimného semestra, čo predstavuje 13 týždňov. Mimo semestra sa uvažuje spotreba na úrovni 10 kWh. Túto spotrebu budeme uvažovať po dobu 36 týždňov za rok. Pri výpočte sa uvažuje doba 3 týždňov, kedy nebude v laboratóriu žiadna spotreba z dôvodu dovoleniek a sviatkov.

V čase písania tejto práce prebiehalo nové výberové konanie na dodávateľa elektrickej energie. Z toho dôvodu bude pri výpočte návratnosti uvažovať pôvodnú cenu kWh, ktorej hodnota je 2,3 Kč/kWh bez DPH.

V nasledujúcom rovnici 6.1 je vypočítaná doba návratnosti navrhovaného riešenia uvedená v rokoch.

$$PB = \frac{K}{C_E \cdot (E_{t,sem} \cdot t_{sem} + E_t \cdot t)} = \frac{14\,393,31}{2,3 \cdot (32,2 \cdot 13 + 10 \cdot 36)} =$$

$$= 8,04 \text{ rokov} \quad (6.1)$$

kde:

- PB je doba návratnosti (Payback Period) v rokoch,
 K je kapitálový výdaj v Kč,
 C_E je cena za kWh elektrickej energie v Kč/kWh,
 $E_{t,sem}$ je predpokladaná spotreba elektrickej energie za týždeň počas semestra v kWh/týždeň,
 E_t je predpokladaná spotreba elektrickej energie za týždeň mimo semestra v kWh/týždeň,
 t_{sem} je počet týždňov semestra, počas ktorých je rozvrhovaná výuka,
 t je počet týždňov v roku mimo semestra a obdobie sviatkov.

Vypočítaná doba návratnosti je pomerne veľká, ale môže sa zmeniť na základ vyššie spomenutých skutočností a to nižšej obstarávacej cene, zmene ceny elektrickej energie alebo zmene vyťaženia laboratória a tým zmene priemernej týždennej spotreby a počtu týždňov využívania v období semestra.

7. ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo oboznámiť sa s hybridným systémom na ústave UEEN, navrhnuť lokálnu elektrickú sieť napájanú z hybridného systému, vytvoriť projektovú dokumentáciu podľa navrhnutého riešenia a vytvoriť energetické ekonomické zhodnotenie navrhnutého systému.

Druhá kapitola tejto práce sa venovala zapojeniu obnoviteľných zdrojov a to hlavne fotovoltaiickým systémom. V tejto časti sú uvedené tri hlavné zapojenia a cieľom bolo vytvorenie všeobecného prehľadu o možnosti zapojenia týchto systémov.

V tretej kapitole bol spracovaný opis hybridného systému, ktorý sa nachádza na Ústave elektroenergetiky. Opis obsahuje základné prvky tohto systému, ich parametre a vlastnosti.

Štvrtá kapitola bola venovaná základným poznatkom pre návrh a projektovanie. Bližšie sa opisovali vonkajšie vplyvy, ochrana pred úrazom elektrickým prúdom, ochrana proti nadprúdom, elektrickým rozvodom a elektrickým prístrojom. V týchto častiach boli uvedené základné poznatky, ktoré boli využité pre návrh elektroinštalácie.

Piata kapitola sa venovala návrhu elektroinštalácie. Bola tu uvedená základná predstava navrhovanej elektroinštalácie a riešenie, hlavne návrh káblových vedení a istenie jednotlivých obvodov.

Na základe piatej kapitoly bola vyhotovená projektová dokumentácia, ktorá sa nachádza v Prílohe B. Projektová dokumentácia obsahuje technickú správu navrhnutého riešenia, rozpočet, ktorý obsahuje kompletný zoznam potrebného materiálu na realizáciu. Taktiež súčasťou je aj protokol o určení vonkajších vplyvov č. 01/2020, na základe ktorého sa navrhovala elektroinštalácia. Ďalej projektová dokumentácia obsahuje záznam z merania č. 01/2020, ktorý obsahuje namerané hodnoty impedancie siete, a overovacie výpočty na overenie správnosti voľby istiacich a ochranných prístrojov v závislosti na impedancií poruchovej slučky a skratových prúdov. Poslednou časťou projektovej dokumentácie sú grafické prílohy a to výkresy E1 – Situačná schéma pôdorysu, R1 – Schéma rozvádzača RLOS, R2 – Schéma prepojenia svetelného obvodu.

Šiesta kapitola riešila energetické a ekonomické zhodnotenie. Na základe tohto zhodnotenia bola určená predpokladaná doba návratnosti finančných prostriedkov určených na zaistenie potrebného materiálu. Predpokladaná doba návratnosti bola určená na 8,04 rokov na základe spomenutých skutočností v tejto kapitole.

Táto práca rieši konkrétny návrh elektroinštalácie napájaný z hybridného systému, ale na základe získaných poznatkov by bolo možné ich využiť aj pri návrhu podobných elektroinštalácií.

Vzhľadom k tomu, že jednotlivé ciele tejto práce sú riešené v jednotlivých kapitolách a projektová dokumentácia je súčasťou tejto práce je možné považovať tieto ciele za splnené.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. : il. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [2] Offgridpowersolarsystem. In: *MNM SOLAR* [online]. Bombaj, 2017 [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <http://mnmsolar.com/images/pages/offgridpowersolarsystem.jpg>
- [3] Hybrid. In: *MNM SOLAR* [online]. Bombaj, 2017 [cit. 2019-11-19]. Dostupné z: <http://mnmsolar.com/images/pages/hybrid.jpg>
- [4] UEEN. *Popis systému*. VUT Brno, b.r.
- [5] MORÁVEK, Jan. *Procesy řízení v energetických systémech s alternativními zdroji energie*. Brno, 2017. Zkrácená verze PH.D. thesis. VUT Brno. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.
- [6] DVOŘÁČEK, Karel. *Průručka pro zkoušky projektantů elektrických instalací*. Třetí - aktualizované vydání. Pardubice: IN-EL, 2018. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-87942-38-3.
- [7] ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [8] HONYS, Václav. *Bezpečná elektrotechnika*. 1. vyd. Praha: IN-EL, 1998, 275 s. ISBN 80-86230-00-7.
- [9] KALÁB, Pavel a Miloslav STEINBAUER. *Bezpečnost v elektrotechnice* [online]. Brno, 2011 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: <http://www.utee.feec.vutbr.cz/wp-content/uploads/2016/10/BBZ.pdf>
- [10] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení* [online]. Brno, 2015 [cit. 2019-12-04]. Dostupné z: http://moodle.vutbr.cz/pluginfile.php/112932/mod_resource/content/3/RZ_2018.pdf
- [11] ČSN 33 2000-4-43 ed. 2: *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [12] VALENTA, Jiří. *Dimenzování a jištění vedení: Elektrické přístroje (BEPR)*. VUT Brno, 2019.
- [13] ČSN 33 2130 ed. 3 *Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

-
- [14] KOUDELKA, Ctirad a Vladimír MEDUNA. *KLADENÍ VEDENÍ* [online]. Ostrava, 2003 [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/pred_ZEP/KLADENI%20VEDENI.pdf
- [15] MAAS, Igor. Hliníkové vodiče vo vnútorných inštaláciách nn (1. část). *Elektro* [online]. 2010, **2010**(8) [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/hlinikove-vodice-vo-vnutornych-instalaciach-nn-1-cast--10642>
- [16] BUŠOV, Bohuslav. *BEPR - Elektrické přístroje: Úvod*. VUT Brno, 2019.
- [17] BUŠOV, Bohuslav. *BEPR - Elektrické přístroje: Výkonové spínací přístroje nn (Pojistka, Jistič)*. VUT Brno, 2019.
- [18] KŘÍŽ, Michal. *Příručka pro zkoušky elektrotechniků: požadavky na základní odbornou způsobilost*. 10., aktualiz. vyd. Praha: IN-EL, 2014. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-87942-01-7.
- [19] BUŠOV, Bohuslav a kol. *Laboratorní a numerická cvičení z elektrických přístrojů*. VUT Brno, 2015.
- [20] *Prepät'ové ochrany - aplikačná príručka* [online]. Letohrad: OEZ, 2017 [cit. 2019-12-13]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/file/279>
- [21] *Xtender: User manual* [online]. V4.8.0. Studer Innotec SA, 2018 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: https://www.studer-innotec.com/media/document/0/manuel-xtender-v4.8.0_en.pdf

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A – Schéma zapojenia hybridného systému

Príloha B – Projektová dokumentácia

Technická správa

Rozpočet

Protokol o určení vonkajších vplyvov č. 01/2020

Záznam z merania č. 01/2020

Impedancia poruchovej slučky a skratových prúdov v navrhovanej elektroinštalácii

Grafické prílohy:

Výkres E1 – Situačná schéma pôdorysu

Výkres R1 – Schéma rozvádzača RLOS

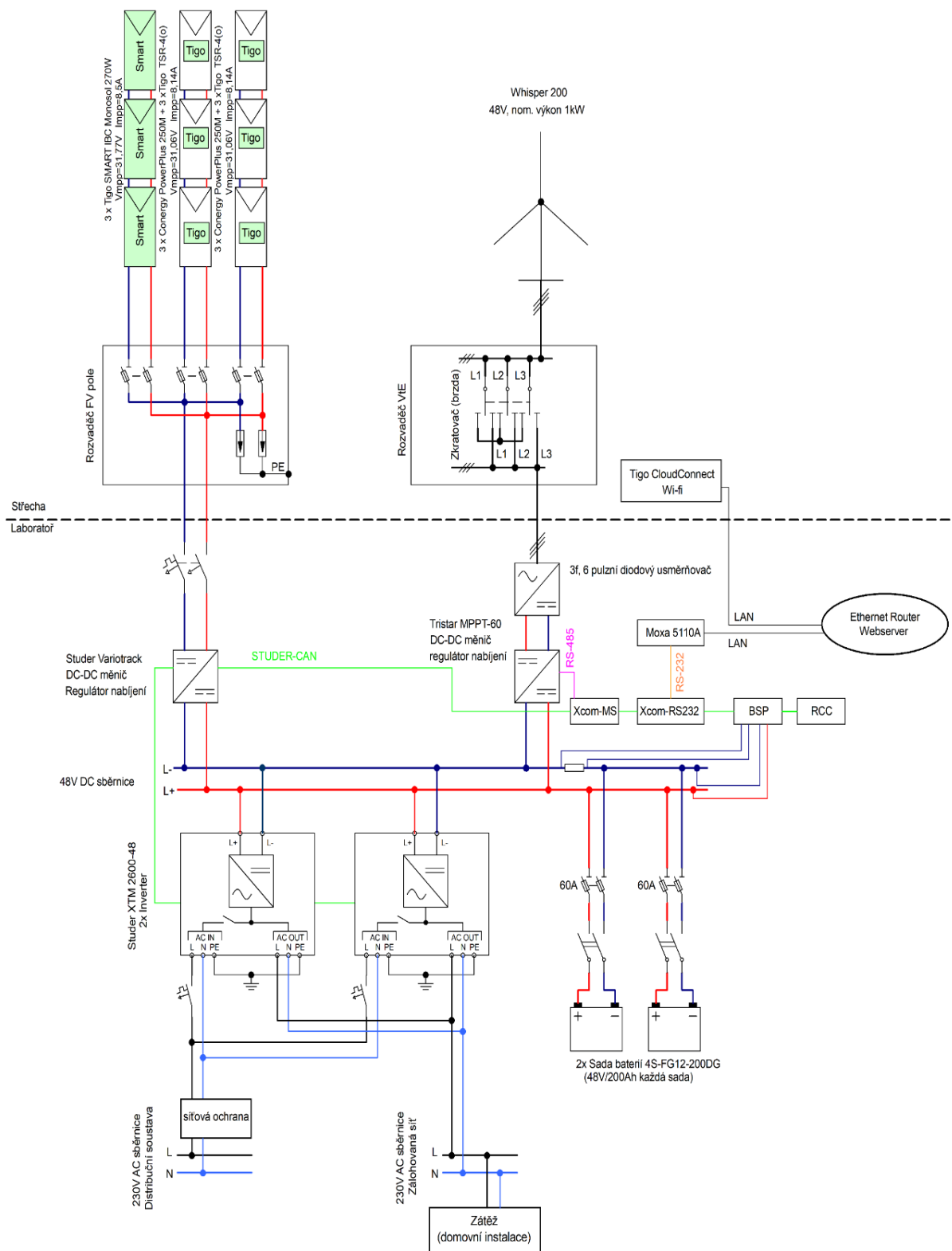
Výkres R3 – Schéma prepojenia svetelného obvodu

Príloha C – CD

Hlavný dokument

Projektová dokumentácia

Príloha A - Schéma zapojenia hybridného systému



Obr. A-1 Schéma zapojenia hybridného systému [4]